

Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport

Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation

Logistique totalement intégrée pour la conception d'équipements agricoles et agroalimentaires pour l'Afrique

Yaovi Ouézou Azouma
Diane Riopel

Juillet 2007

CIRRELT-2007-25

Bureaux de Montréal :
Université de Montréal
C.P. 6128, succ. Centre-ville
Montréal (Québec)
Canada H3C 3J7
Téléphone : 514 343-7575
Télécopie : 514 343-7121

Bureaux de Québec :
Université Laval
Pavillon Palasis-Prince, local 2642
Québec (Québec)
Canada G1K 7P4
Téléphone : 418 656-2073
Télécopie : 418 656-2624

www.cirrelt.ca





HEC MONTRÉAL




Logistique totalement intégrée pour la conception d'équipements agricoles et agroalimentaires pour l'Afrique

Yaovi Ouézou Azouma[1,2], Diane Riopel[2,3,*]

1. Université de Lomé, École Supérieure d'Agronomie, Département de génie rural et machinisme agricole, B.P. 1515 Lomé, Togo
2. Département de mathématiques et de génie industriel, École Polytechnique de Montréal, C.P. 6079, succursale Centre-Ville, Montréal, Canada H3C 3A7
3. Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT), Université de Montréal, C.P. 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Canada H3C 3J7

Résumé. Dans le contexte de la fabrication locale d'équipements à petite échelle, les équipementiers des pays en développement rencontrent d'énormes difficultés d'approvisionnement en matériaux et matières d'œuvre. Face à cette situation, l'intégration des outils et méthodes de la logistique dans une démarche de conception d'équipements agricoles et agroalimentaires constitue une approche de solution efficace et efficiente. La prise en compte de l'ensemble des critères du Soutien Logistique Intégré (SLI), dès la définition d'un équipement, facilite son exploitation, sa maintenance et améliore sa durée de vie ou de service. Cependant, ce concept de la logistique ne prévoit pas, d'une part, le retour des produits en fin d'usage et, d'autre part, l'organisation de l'approvisionnement en matières d'œuvre de récupération. Aussi, le SLI ne promeut pas la protection de l'environnement et la gestion conservatoire des matières premières. Des enquêtes effectuées en Afrique de l'Ouest auprès des équipementiers et des utilisateurs d'équipements confirment ces constats. Or, l'application d'une démarche logistique qui est le résultat d'une analyse croisée des méthodes utilisées dans les pays industrialisés et des pratiques dans les pays du Sud peut générer des économies pour l'équipementier et réduire le coût de possession de l'utilisateur africain d'un équipement. Pour ce faire, ce travail de recherche étudie le SLI et la Logistique Inverse (LI) puis propose des solutions pragmatiques pour une Logistique Totalement Intégrée (LTI) dans une démarche de conception d'équipements pour l'Afrique.

Mots-clés. Afrique, conception, soutien logistique intégré, logistique inverse, logistique totalement intégrée, équipements agricoles et agroalimentaires.

Remerciements. Les auteurs souhaitent souligner que ces travaux ont été réalisés grâce au soutien financier obtenu de l'UNESCO dans le cadre de l'Appui des domaines de programme prioritaires (2006-2007) et du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).

---

* Auteure correspondant: diane.riopel@polymtl.ca

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec,
Bibliothèque nationale du Canada, 2007

1. Introduction

La majorité des pays en développement (PED) est caractérisée par un faible revenu national et de ce fait, dispose de peu d'épargne à investir (Fremy, 2006). Malgré la nécessité d'une plus grande productivité agricole pour nourrir une population au taux d'accroissement élevé et l'intérêt du producteur pour la plus value qu'offre la transformation des produits agricoles, cette situation contraint les petites et moyennes industries (PMI), particulièrement les équipementiers d'Afrique, à la fabrication à petite échelle des équipements agricoles et agroalimentaires. Face donc à la faiblesse de la capacité d'investissement des producteurs africains, la survie de ces PMI réside dans la réduction au tant que possible du coût global de l'équipement qui influence le coût de possession de l'utilisateur. Pour ce faire, l'une des solutions à ce problème consiste à minimiser le coût de revient des matériaux et matières d'œuvre. Pour y parvenir, nous préconisons l'adoption à la fois du Soutien logistique intégré (SLI) et de la Logistique inverse (LI), Logistique totalement intégrée (LTI) dès la conception de l'équipement.
Après avoir précisé le contexte socio-technique et économique africain puis démontré la pertinence du concept de la logistique totalement intégrée par rapport à la conception d'équipements pour ce contexte, nous discutons des résultats d'enquêtes auprès des équipementiers et des utilisateurs d'équipements et traitons des questions relatives au marché de la logistique inverse et aux aspects législatifs, moteurs de la protection de l'environnement. Enfin, nous présentons une démarche logistique totalement intégrée dans la conception d'équipements agricoles et agroalimentaires pour l'Afrique.

2. Méthode

Dans le cadre de l'enrichissement des démarches de conception d'équipements pour les pays en développement, une étude bibliographique sur les méthodes et pratiques de fabrication et de maintenance dans les pays du Nord (PdN) et du Sud (PdS) et une collecte d'informations auprès de 12 équipementiers de trois pays d'Afrique de l'Ouest respectivement six au Bénin, deux au Burkina Faso et quatre au Togo ont été réalisées de 2001 à 2004. Au cours de cette même période, une enquête a été faite auprès de 28 utilisateurs possédant en tout 71 équipements constituant 21 types de machines dont 7 agricoles et 14 agroalimentaires. Parallèlement, la validation au Togo de plusieurs résultats issus de ces études a eu lieu au cours de la conception participative d'une charrette épandeuse de fumures organiques, en ingénierie concourante (Azouma, Giroux et Varchon, 2006a). Ces travaux qui ont permis de proposer plusieurs méthodes et outils d'intégration de la fabrication et de la maintenance dans une démarche de conception pluridisciplinaire pour l'Afrique (Azouma, 2005) sont croisés avec une étude bibliographique sur la LI (Gupta et Isaacs, 1997), (Rogers et Tibben-Lembke, 1998), (Guide et Jayaraman, 2000) (Fleischman, 2001), (Lambert et Riopel, 2005). Cette approche méthodologique permet de prendre en compte ce concept. En outre, à partir des réalités du milieu, ce travail étudie la mise en œuvre de chaque critère du SLI dès la définition d'un équipement. Enfin, la recherche de relations contribue à une meilleure

intégration de ces deux concepts dans une démarche de conception. Pour une meilleure compréhension de l’analyse des questions abordées et des approches de solution proposées, il est indispensable de présenter le contexte de l’étude.

3. Contexte sociotechnique et économique africain

Les petites et moyennes entreprises ou industries (PME et PMI) évoluent dans un environnement contraint caractérisé par (Azouma, 2005), (Minouiu, 2005), (Fremy, 2006), (Bationo, 2007) :

- une faible capacité d’investissement et de pouvoir d’achat des populations qui limitent la productivité et par conséquent le marché commercial;
- un tiers de la population totale en Afrique qui vit dans des pays enclavés (14 pays en tout), sans accès fluvial à un port maritime;
- des investissements très souvent dominés par les bailleurs de fonds étrangers et les projets;
- un accès au crédit très limité;
- l’analphabétisme et la production agricole et agroalimentaire à petite échelle freinent l’adoption des techniques et technologies modernes plus performantes;
- un secteur informel qui rend difficile l’action des pouvoirs publics en termes de prélèvement des impôts et de prise de décisions en faveur des PME et PMI;
- des comportements socioculturels qui empêchent une gestion plus rationnelle des entreprises : gestion de type familial, peu ou pas d’enregistrement et d’analyse approfondie des informations liées aux activités de production;
- la préférence des utilisateurs d’équipements, pour les pièces «bon marché» disponibles localement au détriment des pièces d’origine plus chères et plus résistantes à l’usure;
- l’importation de produits coûteux et l’exportation de produits bruts qui favorisent la fuite des capitaux et la pauvreté : problème d’équité des prix et pas de valeur ajoutée pour le producteur;
- des infrastructures de transport, de communication, d’énergie et d’eau inexistantes ou peu développées dans les zones rurales;
- les coûts de l’énergie (électricité et carburant), du transport et des communications restent encore très chers pour les petites entreprises;
- les barrières douanières et les taxes à l’importation atteignent 20 à 30%.

4. Pertinence de la LTI par rapport à la conception d’équipements pour les pays du sud

Cette section a pour objet de présenter le concept du SLI et celui de la LI puis de montrer l’intérêt pour l’intégration de ces deux concepts combinés soit LTI dans une démarche de conception d’équipements agricoles et agroalimentaires pour l’Afrique.

4.1 Soutien Logistique Intégré – SLI

Le SLI est «*une approche globale et itérative du management et des techniques nécessaires pour assurer à un système, ses performances aux meilleurs coûts et délais tout au long du cycle de vie*» (Pons et Chevalier, 1996).
L'environnement du soutien logistique dit «intégré» est composé du «sous-système logistique» en corrélation avec le «sous-système équipement». «*Les activités consistant à spécifier, définir, développer, produire et livrer en temps utile l'ensemble des produits constituent le «sous-système de soutien*» (Dumez, 1993). Le SLI est caractérisé par 9 critères qui doivent être en adéquation avec les besoins et l'environnement de l'utilisateur d'équipement : la documentation technique, le plan de maintenance, la formation des utilisateurs, la manutention et le transport, le soutien informatique, les infrastructures, les approvisionnements (pièces de rechange et intrants, etc.), le personnel, les équipements de soutien. L'armée américaine a introduit un dixième critère de SLI, le «Design interface» qui se décline en dix sous-critères : la fiabilité, la maintenabilité, la standardisation, l'inter-opérationnalité, la sûreté de fonctionnement, la sécurité, la maniabilité ou facilité d'utilisation, l'environnement et la disposition des matières dangereuses, la confidentialité et la législation. Ce critère du SLI comprend également deux concepts : la conception pour la testabilité et la conception pour l'élimination de l'équipement (US ARMY, 2005), (Anon.1, 2007). L'analyse de ces sous-critères montre, par exemple, que le maintien en condition opérationnelle des systèmes inter-opérationnels tout en garantissant à la fois la sûreté de fonctionnement et la sécurité puis en prévoyant les risques système, est très complexe et coûteux. C'est aussi le cas de l'ensemble du système opérationnel avions de combat et avions ravitailleurs en vol qui doit être maintenu en condition opérationnelle par le soutien logistique. En outre, concernant la protection de l'environnement, les conditions : les traitements, les risques et les coûts indispensables à la disposition responsable des armes nucléaires et chimiques fabriquées par des industries de pointe ne sont pas comparables à ceux d'une batterie de véhicule et d'un réfrigérateur fabriqués par des PME et PMI. Ainsi, en considérant l'ensemble des sous-critères proposés par l'armée américaine pour le «design interface», ce critère s'apparente plus à un concept en soi qu'à un simple critère. C'est une approche élaborée surtout pour les systèmes d'armement et de destruction massive, de plus en plus sophistiqués qui ne convient pas aux entreprises de production des services et des biens. De ce fait, un dixième critère allégé de SLI, plus accessible aux entreprises de type PME et PMI, est proposé à la sous-section 6.3.1 qui précise les relations entre le SLI et la LI.
En Afrique, les forgerons ont acquis la capacité de fabrication et de maintenance de proximité des équipements agricoles manuels et à traction animale. Les institutions de développement et les équipementiers forment les utilisateurs et multiplient les dépôts de pièces de rechange en collaboration avec les commerçants. En ce qui concerne les équipements agroalimentaires et les tracteurs, ces mêmes conditions ne sont pas très souvent remplies dans les zones rurales. Il faut alors rechercher des solutions pour assurer un soutien logistique plus efficace à ces équipements, d'où l'intérêt de l'adoption du SLI.
L'ensemble des critères du SLI peut être pris en compte à partir de la définition d'un équipement, pour faciliter son exploitation et sa maintenance puis améliorer sa durée de vie ou de service.

Des solutions pour la mise en œuvre de chaque critère du SLI permettent à une équipe de conception d'appliquer concrètement ce concept dans l'environnement socio-technique et économique africain.

4.2 Logistique Inverse – LI

Des définitions orientées écologie, protection de l'environnement et meilleure gestion des flux des retours de produits dans les entreprises, sont données par plusieurs auteurs (Wu et Dunn, 1995), (Rogers et Tibben-Lembke, 1998), (Stock, 1998), (Rodrigue et al., 2001). Dans cette étude, nous adoptons la définition de synthèse proposée par Lambert et Riopel, 2005.

Logistique inverse : «*le processus de planification, d'implantation et de contrôle de l'efficience, de la rentabilité des matières premières, des en-cours de production, des produits finis et l'information pertinente du point d'utilisation jusqu'au point d'origine dans le but de reprendre ou générer de la valeur ou pour en disposer de la bonne façon tout en assurant une utilisation efficace et environnementale des ressources mises en œuvre*». Cette définition est illustrée par la figure 1 qui présente les interrelations entre les deux aspects complémentaires de la logistique inverse.

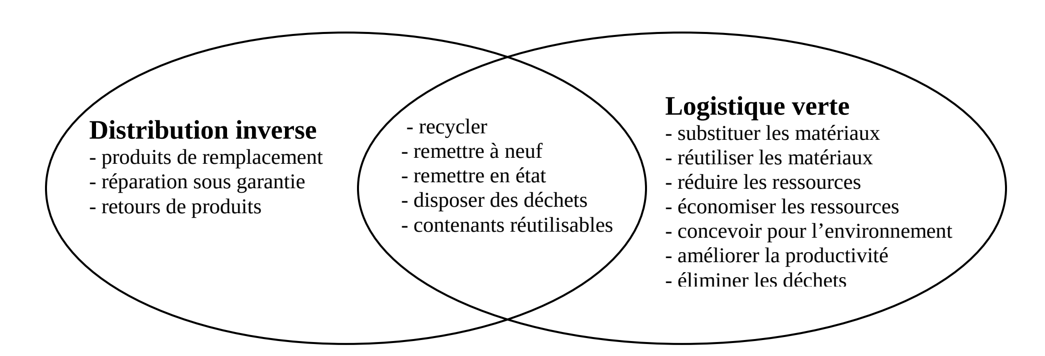


Figure 1. Logistique inverse : relations entre la distribution inverse et la logistique verte

La logistique inverse se déploie en cinq phases dont l'étape de traitement se décline en plusieurs choix de dispositions ou traitements (Figures 2 et 3).

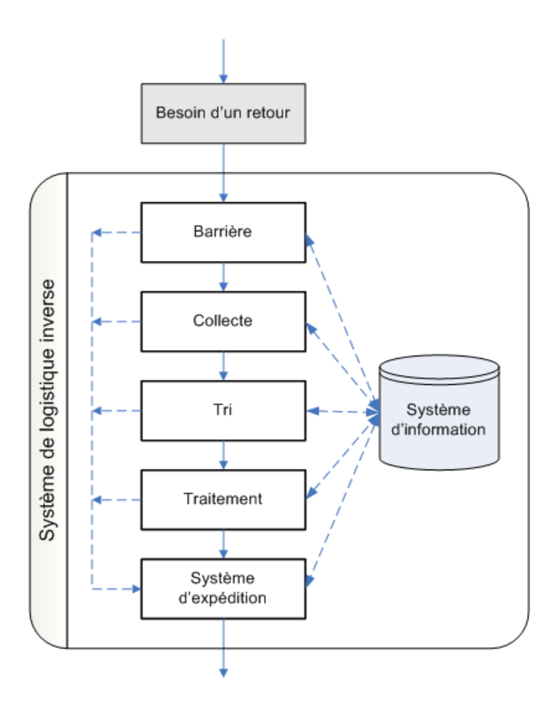


Figure 2. Cadre conceptuel du système de logistique inverse [Lambert et Riopel, 2005]

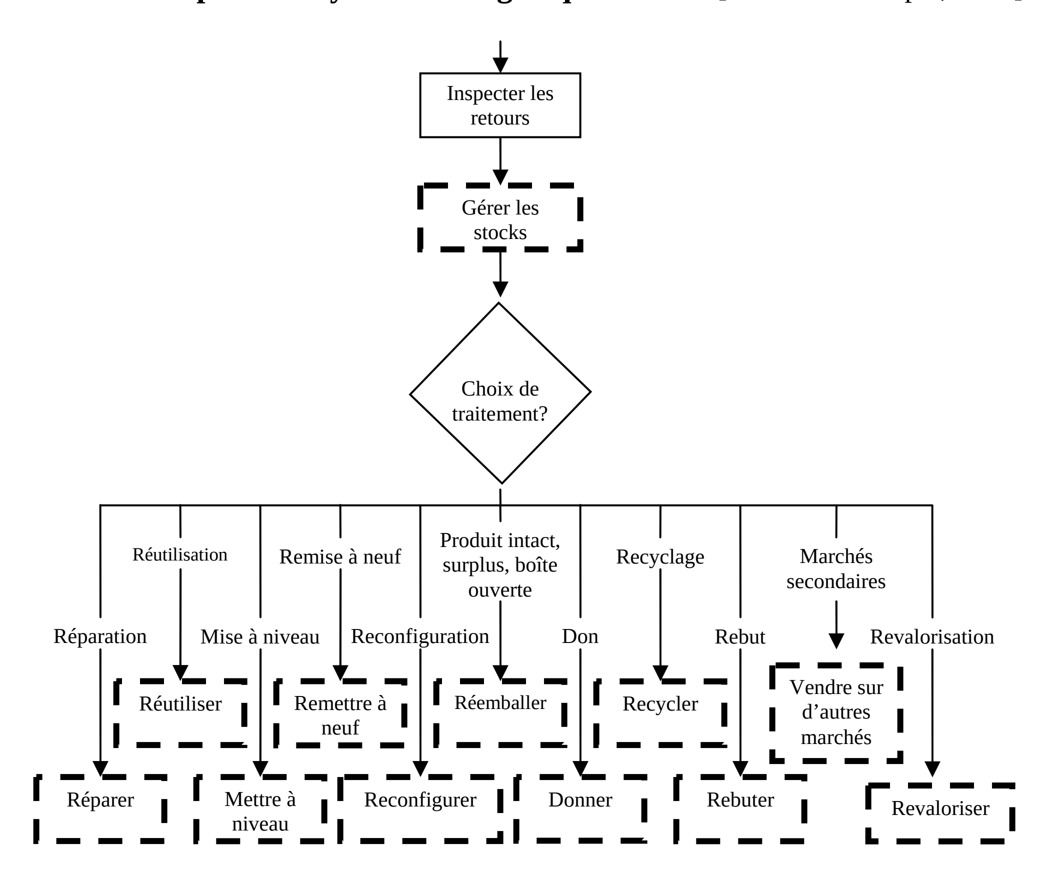


Figure 3. Étapes du traitement [Lambert et Riopel, 2005]

En général, deux raisons majeures sont à l’origine des retours des équipements agricoles et agroalimentaires en Afrique : la réparation sous garantie et le remplacement pour des raisons de mauvais fonctionnement. Cette situation souvent pas réglementée est traitée à l’amiable entre l’équipementier ou le commerçant et le client. Les mécaniciens, les forgerons, les fonderies locales et les PMI utilisent des matériaux et matières d’œuvre d’occasion ou de récupération dans la fabrication et la réparation des équipements. Par exemple, des tôles, des cornières et des fers ronds récupérés sont utilisés pour la fabrication ou la réparation d’équipements agricoles et agroalimentaires. Il s’agit d’une pratique irrationnelle et non organisée de la logistique inverse. Pour ce faire, deux sources d’approvisionnement s’offrent aux équipementiers : la casse des automobiles, des tracteurs, des chariots, des appareils électroménagers et de diverses infrastructures métalliques et le retour en fin d’usage des équipements agricoles et agroalimentaires fabriqués localement ou importés. L’exploitation de ces deux sources de matières par une planification et organisation rationnelles de stocks doit permettre :

- de protéger l’environnement en débarrassant les espaces et ruelles souvent jonchés de ferrailles et de carcasses d’engins;
- de disposer et rentabiliser au mieux les matières premières;
- de reprendre pour générer de la valeur.

A partir de l’analyse des résultats des enquêtes sur le terrain et des choix de disposition de la logistique inverse, des approches de solution d’intégration sont proposées.

5. Résultats et discussion : revue de la littérature et enquêtes

L’objectif de cette section est de résumer et discuter les aspects de fabrication et de maintenance dans les pays du Sud et du Nord qui pourraient permettre à une équipe de recherche de s’approprier les concepts du SLI et de la LI pour la conception d’équipements pour un pays africain.

5.1 Revue de la littérature

5.1.1 Principales difficultés rencontrées par les équipementiers en Afrique

Les équipementiers sont confrontés à plusieurs problèmes (Le Thiec, 1996), (Spinelli, 1996), (ONUDI, 2000), (Diallo, 2000), (Rozas, 2001), (Son, 2004), (Azouma, 2005) :

- le coût de revient élevé des matières d’œuvre neuves et matériaux spéciaux dont la qualité n’est pas toujours conforme à la commande (livraison de produits contrefaits);
- l’offre en matériaux d’usinage est faible ou pas disponible;
- l’exploitation faible ou irrationnelle des matériaux locaux ou localement disponibles (bois, matériaux de récupération) et des dérivés d’activités locales (petites fonderies d’aluminium ou de fonte, rechapage de pneumatique);
- l’insuffisance de moyens financiers pour assurer la formation du personnel, garantir un stock de matières d’œuvre et acquérir les machines et outillages;
- le non-respect des délais, fournisseurs/usines et usines/utilisateurs;

- le manque ou l'insuffisance de standardisation surtout pour les équipements agroalimentaires car les pièces d'un même modèle issues d'unités de fabrication différentes ne sont pas interchangeables;
- la non disponibilité assez souvent des moteurs, des roulements, des aciers et pièces spéciaux qu'il faut souvent commander à l'extérieur de l'Afrique;
- le Service maintenance n'est pas associé à l'élaboration des cahiers de charges et à l'acquisition des équipements neufs ou d'occasion.

Certaines décisions politico-économiques pénalisent lourdement la fabrication locale de matériels :

- la taxation inopportune des matériaux importés nécessaires à la fabrication de matériels sur place ; par exemple le taux de douane appliqué à la matière d'œuvre importée s'élève à 61% au Burkina Faso contre 11 à 35,7% pour un équipement importé suivant la nature de celui-ci (Ouattara et Ouédraogo, 1998);
- l'introduction de matériels agricoles et agroalimentaires complets autorisée en exonération des taxes, principalement sur les projets; c'est le cas par exemple des financements de l'Union Européenne et de la Banque Mondiale.

5.1.2 Marché de la LI, source d'approvisionnement en matériaux et matières d'œuvre

Pirot (1998) écrivait : «les pays africains sont fortement dépendant des conditions d'approvisionnement en machines et en pièces détachées : problèmes de devises, de délais d'acheminement, de disparité de marques et des modèles». Face à cette situation, il s'avère indispensable d'explorer les solutions qu'offrent les potentialités du marché de la logistique inverse.
En Afrique, les artisans utilisent principalement les matériaux de récupération ou les ferrailles pour la fabrication de tout ou partie d'équipements agricoles et agroalimentaires (Makinde, 1993), (Le Thiec, 1996). Les aciers à ressort, les aciers de voies ferrées et certains aciers pour les essieux permettent de fabriquer des outils de forge, tels que les dégorgeoirs, les étampes d'enclume, etc., dont la durée de vie utile est satisfaisante (Stokes, 1994). Au Nord du Cameroun, la récupération constitue la principale source d'approvisionnement en fer pour 95% des artisans. Les prix des matériels souvent de qualité inférieure, produits par les forgerons, varient entre 40 et 90% des prix de ceux importés. Au Sénégal, les pièces sont vendues 2 à 3 fois moins chères que les modèles d'origine. Par exemple à Bobo-Dioulasso au Burkina Faso, pays enclavé, les matières d'œuvre coûtent 20 à 54% plus cher qu'au Ghana (Ouattara et Ouédraogo, 1998). Les charrettes à traction animale, fabriquées à l'aide d'essieux de vieilles voitures, sont très répandues au Nigeria, au Ghana, au Zimbabwé, au Botswana, en Namibie, au Malawi central, en Tanzanie centrale et septentrionale (Starkey, 1993). Holtkamp (1991) affirme que le succès remarquable de petits tracteurs d'Ayudhaya (en Thaïlande) ou de Tinkabi (au Swaziland), imparfaits sur le plan de la technique, repose sur la proximité des fabricants par rapport aux principales régions d'utilisation de leur produit. La plupart des pièces sont disponibles en 1 ou 2 jours. Les tracteurs d'Ayudhaya sont assemblés à partir de pièces neuves et de composants d'occasion révisés. Au sortir de la guerre, plusieurs pays ont fait l'expérience de l'utilisation de pièces d'occasion pour assembler un tracteur

«neuf» à des coûts de production sensiblement réduits : RFA, Egypte et «Jeepney» en Philippines. Suite à la directive 2000/53/CE, en Europe, dès la construction d'un nouveau véhicule, sont prévues les procédures de désassemblage décrivant le mode de démontage, la liste des pièces à récupérer et leur composition (J.O.C.E, 2000). Les procédures de désassemblage de la Renault Laguna ont ainsi été transmises aux démolisseurs au moment même de son lancement commercial (Pimor, 2001). Aux Etats-Unis, Gupta et Isaacs (1997) expliquent que le recyclage des véhicules automobiles est en place depuis plusieurs années et se fait en deux étapes, la première consiste à démonter les pièces de valeur pour les réutiliser et la deuxième, à envoyer le reste de la carcasse au recyclage pour les matériaux. Les épaves de véhicules contenant 80% de métaux constituent une importante source de matières premières pour les industries de recyclage ou de métallurgie en Taiwan. Sont également recyclées, les motocyclettes (Lee, 1997). Minner (2001) déclare qu'il y a des raisons économiques et écologiques de réutiliser les pièces récupérées de vieux produits, soit pour les utiliser dans de nouveaux produits ou s'en servir comme pièces de rechange pour le service après vente.

5.1.3 Protection de l'environnement et gestion des ressources : législations

Certes, plusieurs pays africains adoptent des dispositions règlementant l'importation, la commercialisation, l'utilisation et la réexportation des substances qui appauvrissent la couche d'ozone et des équipements les contenant (U.E.M.O.A, 2005), (U.E.A.C, 2005). Ce n'est pas suffisant car plusieurs autres actions, tout aussi indispensables sont entreprises ailleurs pour le développement durable. Pour preuve, la directive de la Communauté européenne sur le matériel d'emballage stipule que le client peut le laisser au détaillant et ce dernier doit en assurer le recyclage (Fleischmann et al, 1997). Cette loi basée sur le concept allemand, «Green Dot» est également adoptée dans plusieurs pays d'Asie (Stock, 1998). Par exemple, à Taiwan, «The Environmental Protection Administration» (EPA) a répertorié 16 produits tels que les PVC, les bouteilles, les véhicules, les acides de batteries, les huiles usées, etc., pour lesquels, en fin de vie ou après usage, il confère la responsabilité de la bonne disposition et du recyclage aux producteurs, importateurs et aux détaillants (Lee, 1997). La directive 2002/96/CE du Parlement européen et du Conseil fixe des mesures visant à prévenir la formation de déchets électriques et électroniques ainsi qu'à promouvoir leur réutilisation, leur recyclage et d'autres formes de valorisation. En outre, en vue de contribuer à la valorisation et à l'élimination des déchets des équipements électriques et électroniques, ainsi qu'à la protection de la santé humaine, les directives 2002/95/CE fixent des mesures relatives à la limitation de l'utilisation de substances dangereuses dans ces équipements. Ces directives sont suivies de plusieurs modifications et dérogations par rapport aux progrès techniques enregistrés jusqu'en 2006 (J.O.C.E, 2002a) et (J.O.C.E, 2002b). Les normes ISO 14000, 14001 et 14004 donnent des directives d'éco-management (Stock, 1998), promoteur du développement durable et moteur de la LI dans les entreprises et sociétés de services dans les pays industrialisés. Ainsi, pour une meilleure protection de l'environnement et une gestion plus économique des ressources en Afrique, des directives en matière de LI sont indispensables pour compléter les dispositions sus mentionnées.

5.2 Enquêtes auprès des utilisateurs et des équipementiers (Azouma, 2005)

La quasi-totalité des agriculteurs choisis de façon aléatoire pour répondre à nos questions est analphabète mais les transformateurs ont au moins fréquentés l'école primaire. Il s'agit essentiellement de système de production de type familial ou coopératif. Dans les PME telles que SODEPAL et CTRAPA au Burkina, les responsables ont fait des études supérieures (Tableau 1). Au Nord du Cameroun, 71% des artisans qui fabriquent les équipements agricoles à traction animale sont analphabètes (Tchinda, 2000).Une enquête effectuée au Burkina Faso par Bationo (2007) auprès de 39 unités de transformation agroalimentaire montre que 71% des opérateurs ont une formation par «apprentissage sur le tas». Ces opérateurs sont d'un niveau scolaire généralement très faible et ont des difficultés pour lire et écrire. Le niveau d'instruction doit être pris en compte dans la caractérisation de la formation à dispenser, dans l'élaboration du manuel d'utilisation et la mise en place du soutien informatique. Parmi les problèmes que rencontrent les équipementiers, la disponibilité des matériaux et des matières d'œuvre est prépondérante (Tableau 2).

Tableau 1. Niveau scolaire des utilisateurs d'équipements

<table>
<tr><th rowspan="2">Profession</th><th colspan="5">Niveau scolaire</th><th rowspan="2">Total</th></tr>
<tr><th>Aucun</th><th>Primaire</th><th>Collège</th><th>Lycée</th><th>Étude Sup.</th></tr>
<tr><td>Agriculteur</td><td>8</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td>9</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Transformateur</td><td>2</td><td>2</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>12</td></tr>
<tr><td colspan="5">n.d.</td><td>3</td></tr>
<tr><td>Agriculteur + Transformateur</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td><td>4</td></tr>
<tr><td>Total</td><td>11</td><td>4</td><td>6</td><td>2</td><td>2</td><td>28</td></tr>
</table>

Tableau 2. Problèmes rencontrés par les équipementiers en matière de fabrication

Problèmes de fabrication	Rép. / 12
Approvisionnement difficile en matières d'œuvre	10
Machines-outils et outillages non disponibles dans l'atelier	6
Nécessité de formation du personnel dans différents domaines	6
Difficultés économiques	3
Inexistence de plusieurs plans d'équipements	2
Besoin d'appareils de mesure	2

Les difficultés d'approvisionnement concernent les fer plats de 30x10, 50x20, 40x12, l'acier au mangano-silicium, les aciers durs, les barres en acier doux de diamètre 20 à 100

mm, l'acier en inox de diamètre 60 mm, le tube de diamètre 160x16. La plupart de ces matières ne sont pas fabriquées dans les pays d'Afrique et les commandes en Europe, en Amérique ou en Asie ne sont recevables par les fournisseurs et bénéfiques pour les équipementiers, aux fonds de roulement souvent limités, qu'à partir d'une certaine quantité. L'une des solutions adoptées par les équipementiers pour réduire les coûts de fabrication et rester rentables est l'utilisation dans la mesure du possible des matériaux de récupération (Tableau 3) et (Figure 4).

Tableau 3. Matériaux de récupération et leur utilisation dans la fabrication

Désignation	Utilisation dans la conception
Lames de ressort de véhicule Ressort en spirales de véhicule	Socs de charrues, becs de soc, pointes de butteurs, dents de râteau
Châssis de véhicule Tôles de citernes et de tanks	Bâtis de machines, châssis de chariots, de charrettes, de remorques
Essieux avant de véhicules Demi-arbre de camion	Charrette Remorque
Pièces en bronze des blocs	Bagues, coussinets
Pignons de boîtes de vitesses, chaînes, roulements	Chaînes cinématiques de matériels agricoles et agroalimentaires
Pompes hydrauliques de véhicules lourds	Système de relevage, presses



Figure 4. Récupération de tôle d'une ancienne citerne de station de carburants par le Chef de l'atelier CEPAM à Kpalimé au Togo

De façon générale, dans le cas de la conception des équipements à petite échelle qui caractérise l'Afrique, au regard de la littérature et des pratiques, il y a lieu de faire les remarques suivantes :

- au cours du cycle de vie, l'unique traitement de la LI que les équipes de conception confèrent aux équipements fabriqués, est la fonction, «réparer»;
- le SLI n'est pas pris en compte dès la conception de l'équipement;

- il n’y a pas encore de législation qui oblige les entreprises et fournisseurs de produits ou services à intégrer la LI.

Ainsi donc, nos différentes propositions vont permettre de pallier ces insuffisances.

6. Proposition d’une démarche intégrant le SLI et la LI dans la conception d’équipements pour les pays d’Afrique

Nous préconisons trois types de propositions.
1. Principes et méthodes pratiques d’intégration du SLI dans la conception
2. Approches de solution pour l’intégration de la LI dans la conception
3. Relations et recommandations d’ordre général pour une prise en compte efficace et efficiente du SLI et de la LI dans une démarche de conception pour l’Afrique

6.1 Principes et méthodes d’intégration du SLI dans la conception

Tableau 4. Méthodes pratiques d’intégration des 9 critères du SLI dans la conception pour l’Afrique

Critères du SLI		Méthodes pratiques d’intégration
1	Documentation technique	Rédaction d’un manuel d’utilisation essentiellement sur la base de pictogrammes et de symboles
2	Plan de maintenance	• Cahier des Charges Disponibilité (**CdCD**) • Démarche d’élaboration d’un plan de maintenance • Maintenance Distribuée pour l’Afrique (**MDA**) (Fig. 5)
3	Formation des utilisateurs	• Travaux Pratiques : utilisation + maintenance préventive + automaintenance • Suivi temporaire du couple «utilisateur-équipement» si possible • Alphabétisation
4	Manutention et transport	• Automotricité de l’équipement • Réduction du poids de l’équipement • Désassemblage possible en sous-ensembles
5	Soutien informatique	Pour les PME de production agricole et agroalimentaire, prévoir un programme de saisie de données aux fins d’analyse et de maintenance des équipements
6	Infrastructures	Fonctionner uniquement si possible à partir de la Chaîne de Soutien Logistique du milieu d’exploitation de l’équipement (Fig. 6)
7	Approvisionnements (pièces & intrants)	
8	Personnel	Réseau local de maintenance centrée sur les tâches • Utilisateur : Maintenance de niveau 1 (Norme FDX 60-000) • Forgerons ruraux : Maintenance de niveau 2 • Mécaniciens : Maintenance de niveaux 3, 4 et 5
9	Équipements de soutien	Pouvoir exploiter l’équipement conçu sans équipements de soutien non intégrés ou avec ceux disponibles localement

La définition d'un Cahier des Charges Disponibilité (CdCD) au cours de l'analyse du besoin et de l'état de l'art, permet de caractériser en collaboration avec l'équipementier et les utilisateurs d'un équipement à concevoir, les critères de fiabilité et de maintenabilité attendus (Azouma, Giroux et Varchon, 2006b) : les questions concerneront la résistance des pièces et sous ensembles à l'usure et à la rupture, le taux de qualité des produits (équipement et produits alimentaires provenant de cet équipement), la charge effective annuelle de travail ou la production agricole annuelle, le fonctionnement manuel, motorisé ou automatisé, les pannes fréquentes des équipements utilisés dans le milieu, les coûts moyens de réparation; la détermination des critères de maintenabilité par rapport à l'environnement technologique : normalisation et standardisation par rapport aux composants des équipements fabriqués localement et matières d'œuvre disponibles, réduction du nombre de systèmes de fixation, compétences en maintenance dans le milieu ou la région d'utilisation, tâches de maintenance généralement exécutées par les utilisateurs, les temps d'attente du réparateur et la durée moyenne des réparations, les conséquences vécues de non-maintenance.

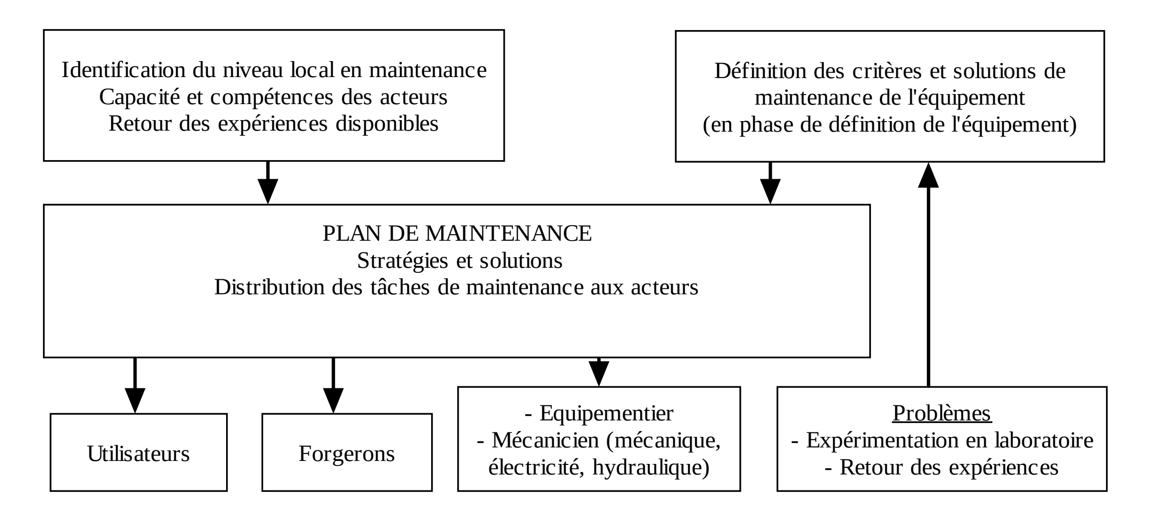


Figure 5. Démarche d'élaboration d'un plan de maintenance d'un équipement en Afrique

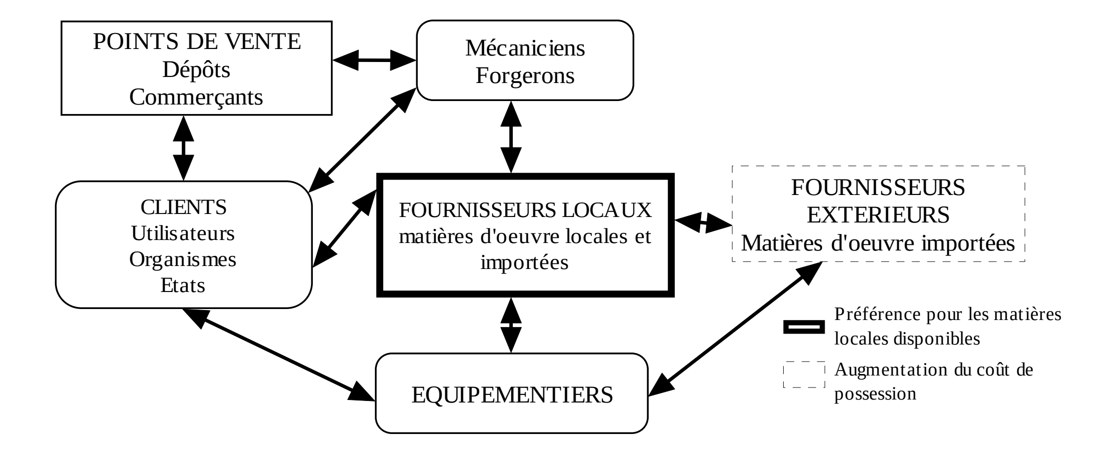


Figure 6. Chaîne de soutien logistique aux équipements en Afrique

6.2 Approches de solution pour l'intégration de la LI dans la conception des équipements agricoles et agroalimentaires

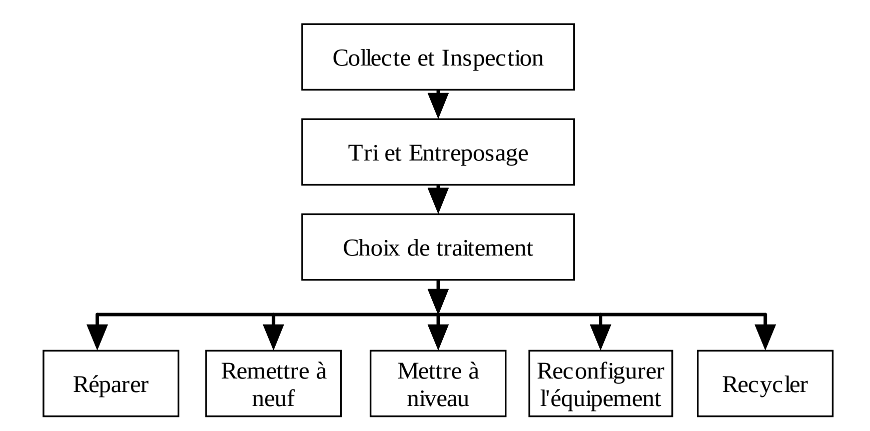


Figure 7. Démarche de la logistique inverse pour les équipementiers en Afrique

La figure 7 montre le système de logistique inverse envisagé pour les équipementiers d'Afrique avec les choix de traitement retenus. Considérant que l'équipementier doit contribuer à l'élimination et à la revalorisation de son produit au cours ou en fin de service, l'étape de la barrière du modèle intégrateur (Lambert et Riopel, 2005) dans notre cas d'étude n'est pas nécessaire.

Collecte et inspection

Les utilisateurs rapportent leurs équipements à traiter chez l'équipementier ou dans les points de vente : dépôts ou chez le commerçant. A partir de points de ramassage établis de commun accord avec les différents acteurs et en se servant des points de vente comme centres d'information, il est possible d'envisager la programmation de collectes groupées. L'équipementier devra signer un contrat ou avoir une entente ferme avec le commerçant sur le retour des produits. L'inspection permet d'une part, de différentier les équipements en fin de service et de ceux partiellement amortis et d'autre part, de s'assurer de la conformité de la demande du client avec l'état de l'équipement avant le transport vers l'atelier de fabrication.

Tri et entreposage

Les équipements sont classés par rapport aux critères d'inspection énoncés et par types : agricole et agroalimentaire. Il faut aménager un espace ou local pour ranger les équipements en toute sécurité.

Traitement

Nous préconisons cinq choix de traitement. Une dynamique de R&D au sein de l'entreprise peut permettre une meilleure exploitation de deux offres de service aux

clients : la remise à niveau et la reconfiguration du produit. La remise à niveau est réalisée sur demande du client ou sur décision du fabricant pour la revente. Le recyclage concerne les équipements en fin d'usage ou service qui subissent des opérations de récupération de pièces puis les carcasses sont vendues à la fonderie.
Le système d'information privilégie les moyens de communication adoptés par les différents acteurs : les équipementiers, les opérateurs dans les points de ventes et les utilisateurs pour leurs activités dans le milieu. Il s'agit du téléphone ou de la télécopie en zones urbaines, de commissions par l'intermédiaire de voyageurs, de courriers transmis par les chauffeurs de véhicules de transport en commun, des déplacements de chaque acteur pour affaire dans les zones rurales.

Cette approche de LI est complétée par un système d'approvisionnement en pièces et matériaux récupérés, illustré par la figure 8 et plusieurs préconisations.

L'équipementier mène des activités de désassemblage de véhicules, d'appareils électroménagers et de constructions métalliques dans un rayon régional économiquement accessible ; c'est une nouvelle source de revenu : vente de diverses pièces de rechange aux utilisateurs et de la carcasse aux fonderies. Le dépôt d'équipements neufs par l'équipementier et la reprise de ceux en fin d'usage rapportés par les utilisateurs dans les points de vente ou chez les commerçants permet d'éviter des frais de transport imputés exclusivement à l'activité des retours. Les retours vont engendrer trois offres de service très peu ou pas exploitées du tout : la remise à niveau et surtout la remise à neuf comme alternative à la réparation puis la reconfiguration des équipements agricoles et agroalimentaires. La vente de carcasses métalliques à des fins de recyclage en fonderie.

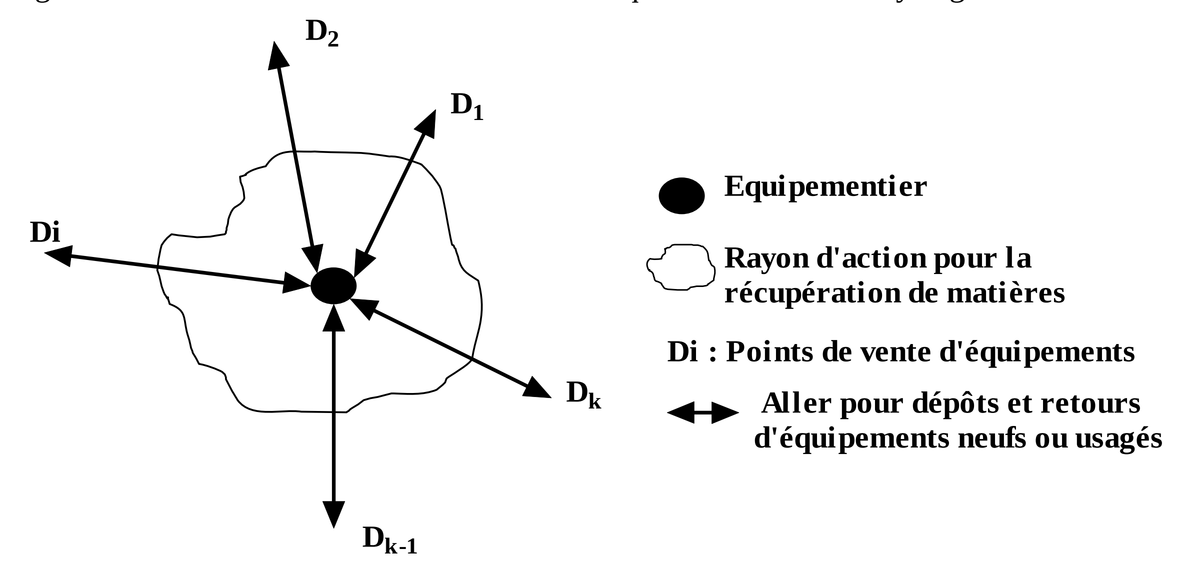


Figure 8. Système d'approvisionnement en matériaux et matières d'œuvre orienté LI pour l'Afrique

A cet effet, depuis quelques années, des sociétés indiennes mènent d'intenses activités d'achat de carcasses de tout genre, véhicules et constructions métalliques qu'ils exportent vers l'Inde à partir de plusieurs ports : Lomé (Togo), Cotonou (Bénin), Abidjan (Côte

d'Ivoire). En dehors des équipements hors usage collectés dans ces pays côtiers, d'importantes quantités de carcasses arrivent de différents pays enclavés d'Afrique de l'Ouest : Burkina Faso, Mali, Niger, etc.
Dans le système de fabrication à petite échelle, il y a souvent des périodes mortes sans ou avec des productions très faibles. Dans ce cas, on assiste souvent à des licenciements temporaires ou «congés techniques» non rémunérés. Ces temps seront consacrés aux différents traitements inhérents à l'adoption de la LI : c'est une nouvelle solution de plein emploi pour les travailleurs dans les ateliers de fabrication.

6.3 Relations entre le SLI et la LI et recommandations

6.3.1 Relations entre le SLI et la LI

L'étude des concepts du SLI et de la LI permet de relever plusieurs interrelations :

- la maintenance : réparer ou remettre à neuf les équipements;
- l'approvisionnement : pièces de rechange, matériaux et intrants neufs ou récupérés;
- la manutention et le transport, critères de facilitation de l'exploitation et des retours de produits : désassemblage, mise en kits, portabilité de l'équipement;
- l'utilisation rationnelle de l'équipement : amélioration de la productivité et économie des ressources.

Le SLI doit évoluer vers un dixième critère adapté aux conditions des entreprises de production des services et des biens qui porte sur la reprise du produit ou de l'équipement en fin de service pour une meilleure disposition ou pour des traitements adéquats. Ce nouveau critère est conforme aux nouvelles législations déjà imposées aux fabricants en Europe, en Asie et en Amérique du Nord et qui vont certainement s'étendre au monde entier. Ainsi, nous obtenons un concept actualisé du SLI (Tableau 5) que nous nommons «le SLI vert» car il prend en compte la gestion conservatoire des matières et la disposition responsable des matières dangereuses.

Tableau 5. Les 10 critères du SLI vert

N°	Critère
1	La documentation technique
2	Le plan de maintenance
3	La formation des utilisateurs
4	La manutention et le transport
5	Le soutien informatique
6	Les infrastructures
7	Les approvisionnements (pièces de rechange et intrants)
8	Le personnel
9	Les équipements de soutien
10	Le retour des équipements hors usage ou en fin de service*

*Nouveau critère introduit dans le SLI

6.3.2 Recommandations

Plusieurs recommandations sont proposées pour faciliter et permettre une prise en compte efficace et efficiente du SLI et de la LI dès la conception d’un équipement.

1. Faire une étude technico-économique pour la mise en place progressive des activités de la LI dans les PMI : moyens matériels et techniques indispensables, espace d’entreposage, acquisition de plans de désassemblage s’ils existent, organisation du travail et du système d’information.
2. Former les travailleurs aux techniques de désassemblage et à la disposition des matières dangereuses de façon responsable.
3. Élaborer une politique commerciale et de marketing autour des nouvelles offres de service aux clients : intérêts des utilisateurs pour le retour des équipements (indemnités forfaitaires, offres de conditions incitatives pour le remplacement d’un équipement rapporté par un utilisateur) et sensibilisation pour la participation à la protection de l’environnement.
4. Enrichir le répertoire des types de pièces récupérées (Tableau 3) qui entrent dans la fabrication des équipements agricoles et agroalimentaires.

Inciter les États d’Afrique à prendre des directives pour promouvoir la LI, en faisant obligation aux équipementiers, importateurs et commerçants de reprendre les équipements pour en assurer les meilleures traitements. De plus, ils auront l’obligation de reprendre les équipements en fin de service sans taxer l’utilisateur.

7. Conclusion

Ce travail a permis de proposer un nouveau concept, la LTI obtenue à partir de l’étude de la pertinence du SLI et de la LI par rapport à la conception d’équipements pour les PdS et de la recherche des interrelations entre ces deux concepts. Des solutions d’intégration du SLI et de la LI complétées par un système d’approvisionnement en matériaux et matières d’œuvre orienté LI puis des recommandations permettent de prendre en compte la LTI dans une démarche de conception pour l’Afrique. Malgré quelques pratiques observées sur le terrain qui relèvent de la LTI, la conception en entreprise d’un nouveau produit par une équipe pluridisciplinaire sera le lieu de la validation de l’ensemble des propositions de cette étude.

Remerciements

Les auteurs souhaitent souligner que ces travaux ont été réalisés grâce au soutien financier obtenu de l’UNESCO dans le cadre de l’Appui des domaines de programme prioritaires (2006-2007) et du CRSNG du Canada.

8. Références bibliographiques

Anonyme 1, (2007). http://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_Logistics_Support. Consulté, le 26 juin 2007**.**

AZOUMA Y. O. (2005). Intégration de la fabrication et de la maintenance dans une démarche de conception pluridisciplinaire d'équipements agricoles et agroalimentaires pour l'Afrique. Thèse de doctorat en Génie industriel de l'UFR des Sciences et Techniques de Franche-Comté, Besançon, France, 178 p.

AZOUMA Y. O., GIROUX F., VARCHON D. (2006a). Conception d'un épandeur de fumures organiques pour les exploitations à traction animale d'Afrique. Sous presse, revue Tropicultura / Overseas, Belgique. Acceptée le 24 janvier 2006.

AZOUMA Y. O., GIROUX F., VARCHON D. (2006b). Maintenance integration in equipment design process for developing countries. Soumis pour publication au Journal of Design Sciences and Technology.

BATIONO F. (2007). Prise en compte du réseau sociotechnique de maintenance dans la conception d'équipements. Cas des petites unités de transformation agroalimentaire des Pays d'Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat en Génie industriel de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 177 p.

DIALLO M. (2000). Rapport d'audit de maintenance - SODEPAL. Burkina Faso : Cabinet d'Ingénierie Conseil en Maintenance (CINCOM-SARL), 23 p.

DUMEZ B. (1993). Le soutien logistique intégré au sein de GIAT industries. In : Integrated Logistics and Concurrent Engineering, 22-26 mars 1993. Montpellier : Le Corum, conférences cours et expositions. ILCE 93, pp.183-196.

FLEISCHMANN, M. (2001). Quantitative Models for Reverse Logistics. Springer-Verlag, New York, NY, USA.

FLEISCHMANN, M., BLOEMHOF-RUWAARD, J. M., DEKKER, R. V. D. L.E and al. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. European Journal of Operational Research 103(1), 1-17.

FREMY D. (2006). Quid 2006. Paris, Éditeur Robert LAFFONT, 2174 p.

GUIDE, V. D. R., JAYARAMAN, V. (2000). Supply Chain Management Incorporating Reverse Logistics. Research paper series, APICS, Alexandria, VA, USA.

GUPTA, S. M. et ISAACS, J. A. (1997). Value Analysis of Disposal Strategies for Automobiles. Computers & Industrial Engineering 33(1-2), 325-328.

HAVARD M. et MAZOT J-L. (1995). Gestion des Systèmes Mécanisés. Conditions et facteurs de mise en place de la mécanisation. Dossier de cours. CIRAD-SAR/N°78/95. Montpellier : CIRAD-SAR, 19 p.

HOLTKAMP R. (1991). Les petits tracteurs à quatre roues pour régions tropicales et subtropicales : leur rôle dans le développement agricole et industriel. Weikersheim : CTA et GTZ, 256 p.

J.O.C.E. (2000). Directive 2000/53/CE du Parlement Européen et du Conseil du 18 septembre 2000 relative aux véhicules hors d'usage. Journal Officiel des Communautés Européennes.

J.O.C.E. (2002a). Directive 2002/95/CE du Parlement Européen et du Conseil du 27 janvier 2003 relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses

dans les équipements électriques et électroniques. Journal Officiel des Communautés Européennes, JO L 37 du 13.02.2003.

J.O.C.E. (2002b). Directive 2002/96/CE du Parlement Européen et du Conseil, du 27 janvier 2003 relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques. Journal Officiel des Communautés Européennes, JO L 37 du 13.02.2003.

LAMBERT, S. et RIOPEL, D. (2005). Cadre conceptuel pour un système de logistique inverse. 6ème Congrès international de génie industriel, 7 – 10 juin 2005 – Besançon, France

LE THIEC G. (1996). Agriculture africaine et traction animale. France : Edition CIRAD – CTA, 355 p.

LEE, C.-H. (1997). Management of scrap car recycling. Resources Conservation and Recycling 20(3), 207-217.

MAKINDE A. O. (1993). Relancer la forge pour la production d'outils agricoles manuels au Nigeria. In : FAO. Énergie humaine et animale dans la production agricole. Actes d'Atelier. Harare, Zimbabwe : FAO, 18 – 22 janvier 1993, pp. 144-146.

MINNER, S. et KLEBER, R. (2001). Optimal control of production and remanufacturing in a simple recovery model with linear cost functions. OR Spektrum 23(1), 3-24.

MINOUIU D. (2005). Avantage comparatif des produits agricoles en Afrique. Appui de la FAO au NEPAD. FAO, Rome, 100 p.

ONUDI et Ministère togolais de l'industrie, du Commerce et du développement de la Zone Franche (2000). Le secteur informel : son rôle et sa contribution au développement de la micro-entreprise et des PME/PMI au Togo. Lomé : ONUDI, 87 p.

OUATTARA A., OUEDRAOGO A.(1998). Étude sur la fabrication artisanale d'équipements agricoles au Burkina Faso. Ouagadougou : Ministère de l'agriculture, Service mécanisation agricole, 54 p.

PIMOR Y. (2001). Logistique. Techniques et mise en œuvre. Dunod, Paris, 580 p.

PIROT R. (1998). La motorisation dans les cultures tropicales. Montpellier : CIRAD, 351 p.

PONS J., CHEVALIER P. (1996). La logistique intégrée. Collection systèmes d'information. Paris : éditions Hermès, 279 p.

RODRIGUE, J.-P., SLACK, B. et COMTOIS, C. (2001). The paradoxes of green logistics. 9th World Conference on Transport Research, Seoul, Korea.

ROGERS, D. S., TIBBEN-LEMBKE, R. S. (1998). Going backwards: Reverse logistics trends and practices. Reverse Logistics Executive Council, Reno, NV, USA.

ROZAS C. (2001). Analyse comparée de l'innovation dans le domaine des équipements agro-alimentaires au Sénégal et au Ghana. Thèse de Master of Science en Génie agro-alimentaire méditerranéen tropical. Montpellier : ENSIA-SIARC, 52 p.

SON G. (2004). Amélioration des techniques de préparation du sol dans les exploitations à traction animale de la zone cotonnière ouest du Burkina Faso : développement et mise en oeuvre d'un décompacteur à dents. Thèse de doctorat de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

SPINELLI S. (1996). Étude de cas de la conception / fabrication des matériels de transport à traction animale au Burkina Faso. CIRAD-SAR/N°27.96. Montpellier : CIRAD-SAR, 20 p.

STARKEY P. (1993). Traction animale : le point de vue du petit exploitant dans une perspective mondiale. In : FAO. Énergie humaine et animale dans la production agricole. Actes d'Atelier. Harare, Zimbabwe : FAO, 18 – 22 janvier 1993, pp. 95-100.

STARKEY P. (1994). Systèmes d'attelage et matériels à traction animale. Publication de GATE, Eschborn : GTZ, 278 p.
STOCK, J. R. (1998). Development and implementation of reverse logistics programs. Annual Conference Proceeding Council of Logistics Management, Anahein, CA, USA, 579-586.
STOKES J. B. (1994). Génie agricole et développement. Manuel de formation aux techniques de forgeage : niveau moyen. Rome : bulletin des services agricoles de la FAO, 88/2, 79 p.
TCHINDA K. A. G. (2000). Fabrication des agro-équipements de traction animale dans la province du Nord du Cameroun : place et rôle de l'artisanat du fer, Institut de recherche Agricole pour le développement (IRAD) et Pôle régional de recherche appliquée au développement des savanes d'Afrique centrale (PRASAC), Université de Dschang, Cameroun, 108 p.
U.E.A.C (2005). Afrique centrale : Règlement n°09/05-UEAC-143-CM-13 portant adoption de la Réglementation Commune sur le Contrôle de la Consommation des Substances Appauvrissant la couche d'Ozone dans l'espace CEMAC.
U.E.M.O.A (2005). Afrique de l'Ouest: Législation de l'UEMOA : Règlement n°04/2005/CM/UEMOA portant harmonisation des réglementations relatives à l'importation, à la commercialisation, à l'utilisation et à la réexploitation des substances qui appauvrissent la couche d'ozone et des équipements les contenant.
US ARMY (2005). Army Regulation 700-127, Integrated logistics support. Headquarters Department of the Army, Washington, DC, 19 December 2005, 38 p.
WU, H. et DUNN, S. C. (1995). Environmentally responsible logistics systems. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 25(2), 20-38.